

さやいんげんの性状に及ぼす調理操作の影響

Effect of cooking conditions on the qualities of immature kidney beans

和田 治子

1. 緒言

緑色野菜を調理する際、その味、テクスチャーのほかに色の良し悪しが問題になる。

さやいんげんは西洋料理、日本料理、中国料理をと¹⁾わす利用範囲の広い野菜である。カロチンの含有量は $480 \mu\text{g}/100\text{g}$ で有色野菜ではないが、栄養指導上は緑黄色野菜として扱われ²⁾、日常生活で重要な野菜のひとつと考えられる。

近年、調理におけるマイクロ波の利用は急速に普及している。電子レンジの普及率は平成2年には69.7%である。しかし、家庭での電子レンジは利用頻度は高いものの「電子レンジのもつ機能の10分の1程度しか活用されていない。」ともいわれる⁴⁾。マイクロ波の食品に対する加熱特性に関する報告は多くみられ、野菜についてはビタミンCや無機元素の残存率が高いことが報告されている⁵⁾。しかし、野菜の食味や色の変化をとりあげたものは少ない。そこで、加熱法として一般的に行われるゆで加熱とマイクロ波加熱をとりあげ、調理法の違いがさやいんげんの性状におよぼす影響を比較検討した。

2. 実験方法

1) 試料

i) 実験材料

さやいんげんは津山市内のスーパーマーケットで市販されているものを購入して試料とした。さやいんげん1本の大きさは、重量 $2.55 \pm 0.35\text{g}$ (M \pm S.D.) 長さ $10.76 \pm 0.67\text{cm}$ であった。実験は平成4年7月から9

月に行った。

ii) 試料の調整

ゆで加熱の場合は、試料50gを10倍量(500ml)の水を沸騰させた中に入れ加熱した。加熱時間は1, 2, 3, 4, 5, 6分間とし、加熱終了後は直ちにゆで水から試料をとり出し、そのまま室温で冷ましたもの(以下放冷と記す)と、10倍量(500ml)の水(常温)中に30秒間浸して冷却したもの(以下水冷と記す)の2種とした。

マイクロ波加熱の場合は、試料50gをラップフィルム(ポリ塩化ビニリデン)に包み加熱した。加熱時間は、20, 40, 60, 80, 100秒間とし、加熱終了後は直ちにラップフィルムから試料をとり出し、ゆで加熱の場合と同様に室温で冷却したものと、10倍量(500ml)の水中で30秒間冷却したものの2種とした。実験に用いた電子レンジは、シャープRE-130(高周波出力500W)であった。

2) 硬さの測定

株式会社山電製クリープメーターRE-3305を用いて破断荷重、破断歪を測定した。測定の方法は次のとおりとした。

ロードセル: 2kg

測定スピード: 0.5mm/秒

プランジャー: 鋼製、厚さ0.4mmの刃状

クリアランス: 試料の厚さの20%

測定部位: さやいんげんの中央部

破断歪 = $\frac{\text{測定開始点から破断点までの距離}}{\text{試料の高さ}}$

3) 色調の測定

日本電色工業株式会社製測色色差計 Z300A を用い、さやいんげんの中央部の色調を反射用試料台 6 mm φ で測定した。

4) 官能検査

外観（色を除く）、色、硬さ、味、総合評価の 5 項目について順位法により官能検査を行った。テストパネルは、美作女子大学食物学科4年生20名とした。官能検査に供した試料は、各加熱法毎に評点法で予備検査を行い、総合評価得点の一番高かったものとした。

3. 結果と考察

1) 重量

図1にゆで加熱、図2にマイクロ波加熱によるさやいんげんの重量変化を未加熱いんげんの重量に対する百分率で示した。

ゆで加熱後水冷したものは重量の変化はみられなかった。ゆで加熱後放冷したものでは、加熱時間1分で未加熱のものの重量の95.2%、2分で93.5%となり、そ

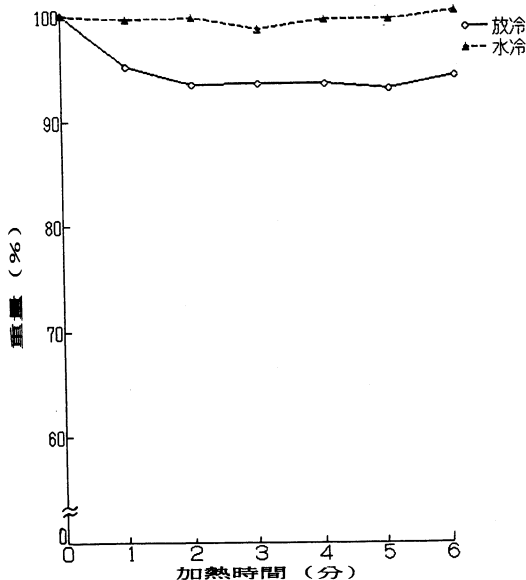


図1. ゆで加熱中の重量変化 (未加熱に対する割合)

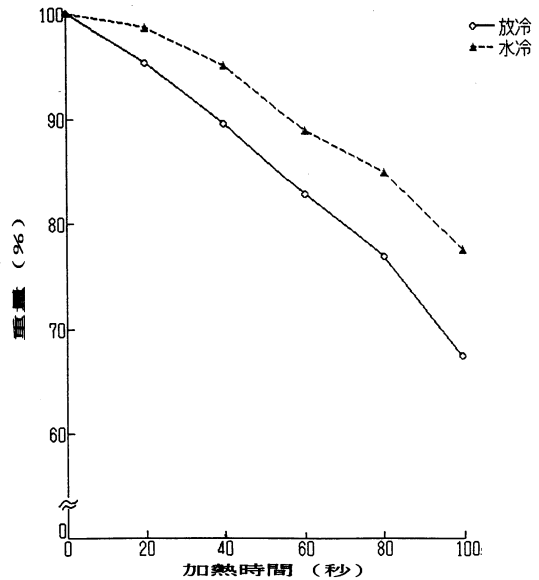


図2. マイクロ波加熱中の重量変化 (未加熱に対する割合)

の後はほとんど変化していなかった。ゆでることにより野菜の重量は減少するとされ、中島⁷⁾によると、なすを用いた実験で沸騰水中に投入後急減し、その後はほとんど変化ないとされる。今回の実験でも同様の結果が得られたが、重量減少の割合は中島の報告より小さかった。さやいんげんの場合、試料を切断していないため加熱中の組織の破壊、成分の溶出が少なかったことが一因と考えられる。

マイクロ波加熱の場合は、加熱時間の経過にもなって重量が大きく減少し、加熱時間60秒では放冷で82.8%、水冷で88.9%になった。森ら⁸⁾はピーマンをマイクロ波で60秒間加熱した結果、重量が81.2%になったと報告しており、本実験の結果も同等の結果を示している。マイクロ波加熱では、水分の損失がみられることはよく知られていることである。本実験でもラップフィルムの中に水滴がたまり、また、加熱時間60秒になると表面にしわを生じるものもあり、水分の蒸発の結果がみられた。

放冷と水冷の場合を比較すると、ゆで加熱、マイクロ波加熱とも放冷の場合の重量減少率が大きかった。

室温での冷却中の余熱による水分蒸発の結果である。

2) 硬 さ

クリープメーターを用いて測定した破断荷重、破断歪をゆで加熱の場合を図3、図4に、マイクロ波加熱の場合を図5、図6に示した。

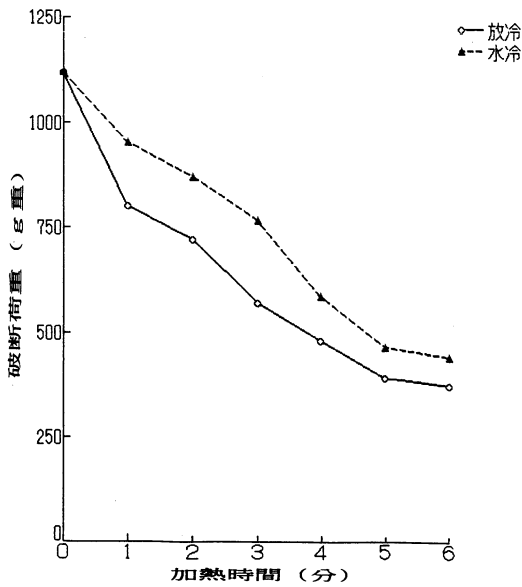


図3. ゆで加熱中の破断荷重変化

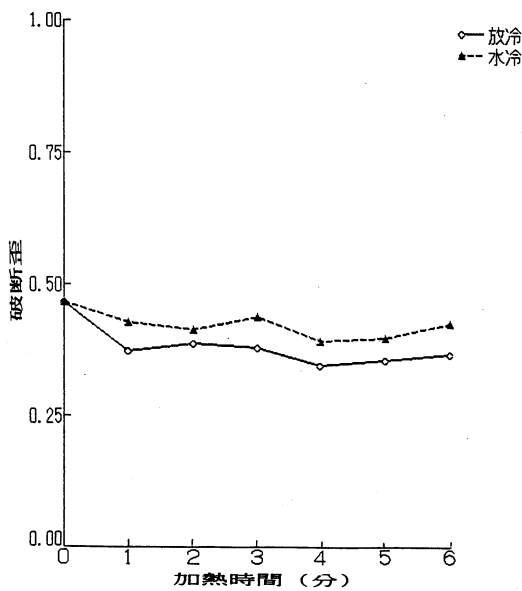


図4. ゆで加熱中の破断歪変化

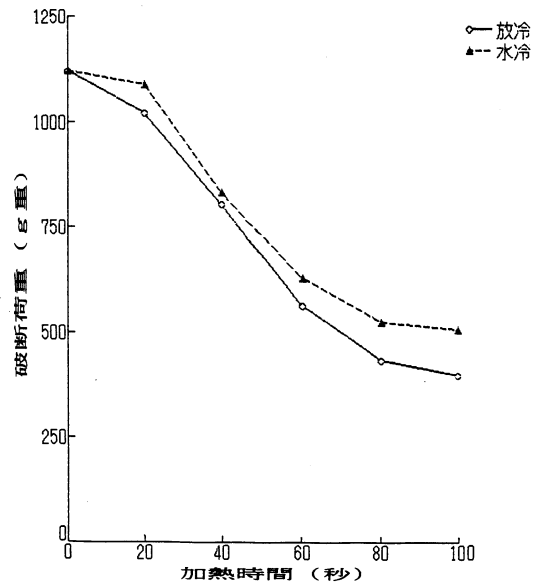


図5. マイクロ波加熱中の破断荷重変化

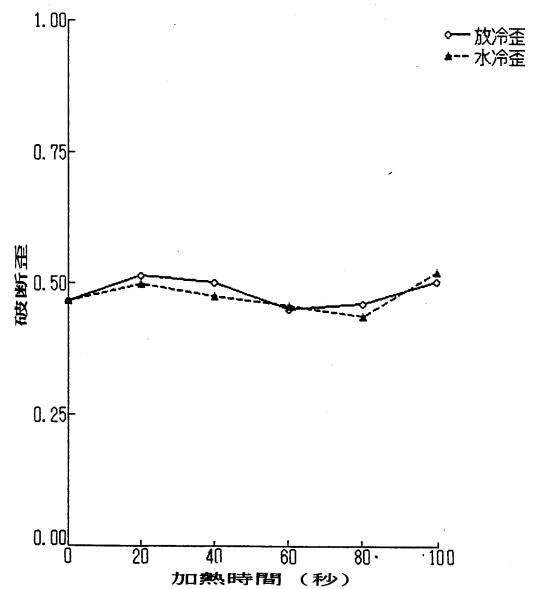


図6. マイクロ波加熱中の破断歪変化

破断荷重は、ゆで加熱、マイクロ波加熱とも時間の経過にもなって小さくなり軟らかくなっていることを示している。ゆで加熱の場合は、時間の経過にもないほぼ直線的に破断荷重が小さくなっているが、最

初の1分間の変化が大きい。これに対し、マイクロ波加熱の場合は、最初の20秒間の加熱中の破断荷重の変化はむしろ小さく、肉眼で見た結果も未加熱のものとはほとんど変わりがなかった。ゆで加熱とマイクロ波加熱では加熱時間が異なり、ゆで加熱とマイクロ波加熱の加熱時間の経過にともなう破断荷重の変化を単純に比較することはできないが、外部から熱が伝わり表面から軟化していくゆで加熱と、分子の運動により内部から熱を発生するマイクロ波加熱の違いが関与していることも考えられる。

加熱後放冷したものは水冷のものよりゆで加熱、マイクロ波加熱とも破断荷重が小さく、余熱の影響がみられた。本実験では1回の実験に50gの試料を用いており、実際の調理での使用量に比較すれば少量である。実際の調理では余熱の影響がさらに大きいと推察される。

破断歪については、加熱時間の影響はあまりみられ

なかった。ゆで加熱とマイクロ波加熱の比較では、ゆで加熱では0.35から0.47、マイクロ波加熱では0.45から0.53とマイクロ波加熱の方がやや大きい傾向を示した。これは重量の変化でみたようにマイクロ波加熱の場合は水分が減少することと関係するのではないかと推察される。

3) 色調

さやいんげんの色調の変化を表1に示した。明度を示すL値は緑色が濃くなると低くなる性質がある⁹⁾とされる。ゆで加熱、マイクロ波加熱とも加熱時間が長くなるにしたがってL値は小さくなっていった。(−)側で緑の度合を示すa値、(+)側で黄の度合を示すb値も加熱時間が長くなるにしたがって小さくなっていった。そこで彩度に相応する $\sqrt{a^2+b^2}$ および緑色度を表す a/b 値¹⁰⁾を算出して比較をした。

彩度はゆで加熱1分間で未加熱に比較してやや高い値を示し、その後徐々に低下した。マイクロ波加熱で

表1 さやいんげんの加熱条件と色調

| 加熱および 冷却方法 | 加熱時間 | L | a | b | $\sqrt{a^2+b^2}$ | a/b | ΔE (NBS) | |
|---------------|------|-------|--------|-------|------------------|------|------------------|---------|
| | | | | | | | 未加熱値との比較 | 直前値との比較 |
| 未加熱 | | 37.05 | -8.40 | 12.98 | 15.55 | 0.65 | | |
| ゆで加熱 放冷 | 1分 | 34.91 | -10.78 | 11.95 | 16.11 | 0.90 | 3.37 | |
| | 2分 | 34.20 | -10.07 | 11.37 | 15.20 | 0.89 | 3.68 | 1.16 |
| | 3分 | 33.46 | -9.06 | 10.85 | 14.14 | 0.84 | 4.23 | 1.36 |
| | 4分 | 32.63 | -7.77 | 10.37 | 13.46 | 0.75 | 5.18 | 1.61 |
| | 5分 | 31.53 | -7.36 | 9.47 | 12.00 | 0.78 | 6.62 | 1.48 |
| | 6分 | 31.83 | -7.38 | 9.59 | 12.12 | 0.77 | 6.31 | 0.32 |
| ゆで加熱 水冷 | 1分 | 32.96 | -11.26 | 11.41 | 16.04 | 0.99 | 5.23 | |
| | 2分 | 31.99 | -10.19 | 10.45 | 14.61 | 0.98 | 5.94 | 1.73 |
| | 3分 | 30.64 | -7.86 | 9.64 | 12.97 | 0.82 | 7.26 | 2.81 |
| | 4分 | 30.94 | -7.22 | 9.36 | 12.49 | 0.77 | 7.20 | 0.76 |
| | 5分 | 29.20 | -7.67 | 9.11 | 11.92 | 0.84 | 8.79 | 1.81 |
| | 6分 | 30.99 | -7.48 | 9.68 | 12.25 | 0.77 | 6.97 | 1.89 |
| マイクロ波加熱 放冷 | 20秒 | 35.88 | -10.14 | 11.78 | 15.58 | 0.86 | 2.42 | |
| | 40秒 | 33.49 | -10.02 | 11.01 | 14.90 | 0.91 | 4.38 | 2.51 |
| | 60秒 | 33.88 | -9.90 | 11.03 | 14.84 | 0.90 | 4.02 | 0.41 |
| | 80秒 | 33.27 | -9.96 | 11.32 | 15.09 | 0.88 | 4.42 | 0.68 |
| | 100秒 | 32.70 | -9.97 | 11.26 | 15.01 | 0.89 | 4.94 | 0.57 |
| マイクロ波加熱 水冷 | 20秒 | 34.44 | -10.01 | 11.79 | 15.52 | 0.85 | 3.29 | |
| | 40秒 | 31.07 | -9.97 | 10.09 | 14.20 | 0.99 | 6.83 | 3.38 |
| | 60秒 | 31.83 | -10.14 | 10.40 | 14.54 | 0.98 | 6.08 | 0.84 |
| | 80秒 | 30.17 | -9.81 | 10.27 | 14.21 | 0.96 | 7.53 | 1.70 |
| | 100秒 | 30.79 | -9.58 | 10.37 | 14.14 | 0.92 | 6.89 | 0.67 |

は、最初の20秒間加熱ではほとんど変化なく、加熱時間が長くなるにしたがい低下の傾向を示した。

緑色度については、未加熱のさやいんげんの0.60に比較し、加熱したさやいんげんの緑色度はいずれも高い値となった。ゆで加熱では加熱時間1分で緑色度が高くなり、加熱時間の経過にしたがって低くなる傾向を示した。一方、マイクロ波加熱では、加熱時間40秒から60秒に高値を示し、その後やや低下しているもののその変化は小さかった。このことは、視覚の結果とよく合っていた。

倉田¹¹⁾は、ほうれんそう、こまつなでブランチングにより青緑色が鮮やかになるとしており、a/b値はブランチングの初期に高値となり、その値を60分間ブランチングまで保っているとしている。また、アロエはあまり緑色の変化がみられず、ドクダミは黄色化し、植物によりクロロフィルの熱安定性に差があることを報告している。短時間の加熱で鮮緑色を呈することは本実験のさやいんげんの場合もほうれんそうやこまつなと同様の結果を示した。本実験ではゆで加熱の加熱時間は実際の調理を考慮して6分までとしており、長時間の加熱はしていないが、長時間加熱では緑色度は低下していくと推察される。

マイクロ波加熱については、本実験では100秒までとしているが、マイクロ波加熱を長時間続けることは実際の調理では考えられない。したがって、普通の調理の場合、マイクロ波加熱では緑色は保たれると考えてよい。

色差 ΔE (NBS)と感覚との関係は¹²⁾、0~0.5NBSは「かすかに」、0.5~1.5NBSは「わずかに」、1.5~3.0NBSは「感知せられるほどに」、3.0~6.0NBSは「目立つほどに」、6.0~12.0NBSは「大いに」とされる。さやいんげんの色差は加熱初期に大きく、感覚的差は「感知されるほどに」から「目立つほどに」となり、その後は「わずかに」で徐々に色調が変化していることを示している。

4) 官能検査

先に述べたように、官能検査に供した試料はゆで加熱の放冷と水冷、マイクロ波加熱の放冷と水冷の4種についてそれぞれ予備の官能検査をした結果総合評価の高かったものとし、ゆで加熱では4分間加熱で放冷、4分間加熱で水冷、マイクロ波加熱では、60秒間加熱で放冷、60秒間加熱で水冷とした。結果はケンドールの一致性の係数の検定およびクレーマーの順位合計の検定を行って表2に示した。

表2 官能検査結果

| 項目 | 加熱条件 | 冷却法 | 得点数 | Kendallの一致性の係数による検定 | | | Kramerの順位合計による検定 | |
|------|------------|-----|-----|---------------------|---------|----|------------------|----|
| | | | | 平方和S | 一致性の係数W | 判定 | 判 | 定 |
| 外観 | ゆで加熱4分 | 放冷 | 44 | 1046 | 0.532 | ** | ** | ** |
| | ゆで加熱4分 | 水冷 | 34 | | | | | |
| | マイクロ波加熱60秒 | 放冷 | 77 | | | | | |
| | マイクロ波加熱60秒 | 水冷 | 45 | | | | | |
| 色 | ゆで加熱4分 | 放冷 | 56 | 1016 | 0.508 | ** | ** | ** |
| | ゆで加熱4分 | 水冷 | 48 | | | | | |
| | マイクロ波加熱60秒 | 放冷 | 70 | | | | | |
| | マイクロ波加熱60秒 | 水冷 | 26 | | | | | |
| 硬さ | ゆで加熱4分 | 放冷 | 51 | 426 | 0.213 | ** | ** | ** |
| | ゆで加熱4分 | 水冷 | 33 | | | | | |
| | マイクロ波加熱60秒 | 放冷 | 60 | | | | | |
| | マイクロ波加熱60秒 | 水冷 | 56 | | | | | |
| 味 | ゆで加熱4分 | 放冷 | 57 | 276 | 0.138 | * | * | * |
| | ゆで加熱4分 | 水冷 | 39 | | | | | |
| | マイクロ波加熱60秒 | 放冷 | 45 | | | | | |
| | マイクロ波加熱60秒 | 水冷 | 59 | | | | | |
| 総合評価 | ゆで加熱4分 | 放冷 | 53 | 644 | 0.322 | ** | ** | * |
| | ゆで加熱4分 | 水冷 | 29 | | | | | |
| | マイクロ波加熱60秒 | 放冷 | 63 | | | | | |
| | マイクロ波加熱60秒 | 水冷 | 55 | | | | | |

** 1%危険率で有意差あり

* 5%危険率で有意差あり

ケンドールの一致性の検定では外観（色を除く）、色、硬さおよび総合評価について1%の危険率で、味については5%の危険率で判定結果に一致性が認められた。

クレーマーの順位合計の検定では、外観については、4分間ゆで加熱で水冷のものが、危険率1%で有意に好まれており、マイクロ波加熱60秒間で放冷のものが有意に好まれていなかった。マイクロ波加熱では水分の蒸発にともなって収縮する結果外観が損なわれるためである。

色については、マイクロ波加熱60秒間で水冷のものが危険率1%で有意に好まれており、60秒間加熱で放冷のものは好まれていなかった。60秒間加熱で水冷のもの色調の測定値をみると、緑色度が高値で官能検査の結果と一致しているが、60秒間加熱で放冷のもの色調はゆで加熱のものに比較して高値で、官能検査の結果と一致していない。その要因として前述のようにマイクロ波加熱60秒間で放冷のものはやや収縮し、色の判定に影響を及ぼしたことが推察されるが、さらに検討を要すると思われる。

硬さについては、ゆで加熱4分間で水冷のものが有意に好まれた。ゆで加熱4分間で水冷のさやいんげんの破断荷重は 584.7 ± 107.3 g重(M \pm S.D.)であった。その他の試料の破断荷重は、ゆで加熱4分間で放冷のものが 480.0 ± 88.6 g重、マイクロ波加熱60秒間で放冷のものが 562.8 ± 167.2 g重、水冷のものが 628.8 ± 119.0 g重であった。有意に好まれたゆで加熱4分間で水冷のものとゆで加熱4分間で放冷のもの破断荷重には5%の危険率で有意差が認められたが、ゆで加熱4分間で水冷のものとマイクロ波加熱60秒間で放冷のものおよび水冷のもの破断荷重値には有意差はみられなかった。このことはやはりマイクロ波加熱での水分の損失にともなうテクスチャーの差が原因と推察される。

味については、ゆで加熱4分間で水冷のものが5%危険率で有意に好まれていた。神長は⁴⁾ほうれんそう、こまつな、ふだんそう等についてマイクロ波加熱の問題点として青くさみ、あく成分の残留をあげている。あく成分の少ないと思われるさやいんげんにおいても

ゆで加熱の方が好まれる味であるといえる。

総合評価では、ゆで加熱4分間で水冷のものが危険率1%で有意に好まれ、マイクロ波加熱60秒間で放冷のものが危険率1%で有意に好まれていなかった。

マイクロ波加熱は、色については鮮緑色を呈し、水冷のものは官能検査での評価が高いものの、他の項目ではいずれもゆで加熱の方の評価が高かった。放冷のものと水冷のものでは、水冷のものの方が好まれていた。

4. 要 約

さやいんげんの性状におよぼす調理法の影響を検討するために、ゆで加熱とマイクロ波加熱、放冷と水冷を行って比較し次の結果を得た。

1) ゆで加熱では重量の変化は小さかったが、マイクロ波加熱では、水分の損失にともなう重量減少率が大きく、好ましいとされた60秒間加熱では、放冷で82.8%、水冷で88.9%となった。

2) 破断荷重の測定結果は、ゆで加熱、マイクロ波加熱とも加熱時間の経過にともない小さくなった。ゆで加熱とマイクロ波加熱の比較では破断荷重と官能検査の結果が必ずしも一致しなかった。

3) 色の変化は、ゆで加熱では1分間加熱で緑色度が高値を示し、その後徐々に低下した。一方マイクロ波加熱では40~60秒間加熱で緑色度が高値を示し、その後もほとんど変わりはなかった。

4) 官能検査では、色の項目を除いてゆで加熱後水冷したものが好まれていた。

文 献

- 1) 科学技術庁資源調査会編：四訂日本食品成分表，大蔵省印刷局，P.190（1982）
- 2) 中原澄男：公衆栄養と栄養指導，第一出版，P217（1992）
- 3) 経済企画庁編：国民生活白書平成2年版，大蔵省印刷局，P.370（1990）
- 4) 肥後温子：調理科学，20，329（1987）
- 5) 肥後温子編：電子レンジ・マイクロ波食品利用ハンドブック，日本工業新聞社，P.210~212，216（1987）

- 6) 南広子, 鈴木妃佐子, 安部公子 : 調理科学, 20, 60 (1987)
- 7) 中島恭三 : 調理科学, 14, 113 (1981)
- 8) 森律子, 野口節子, 本間洋子 : 臨床栄養, 38, 467 (1971)
- 9) 近雅代, 葉良之助 : 家政誌, 41, 292 (1990)
- 10) 瀬戸美江, 佐伯俊子, 中西洋子, 梶田武俊 : 調理科学, 23, 368 (1990)
- 11) 倉田元子, 鹿毛千津子, 塚本久美子, 石井千恵美, 表美守 : 調理科学, 25, 139 (1992)
- 12) 日本電色工業株式会社 : 色に関する事項, 日本電色工業株式会社, P7, 9

(1992年12月1日受理)